

MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR RADIANT DETECTOR CELL ARRAY

Patent number: JP61292969
Publication date: 1986-12-23
Inventor: JIYOOJI EDOWAADO ARUKOON; ANDORE SAMUERU BAAJIESU
Applicant: NASA
Classification:
- international: **G01T1/29; H01L21/223; H01L21/24; H01L21/268; H01L27/148; H01L31/18; G01T1/00; H01L21/02; H01L27/148; H01L31/18;** (IPC1-7): G01T1/24; H01L31/00
- european: G01T1/29D1C; H01L21/223; H01L21/24; H01L21/268; H01L27/148; H01L31/18C
Application number: JP19860041353 19860226
Priority number(s): US19850745977 19850618

[View INPADOC patent family](#)

Also Published : EP0207018 (A1);US4618380 (A1)

Abstract not available for JP61292969

Abstract of corresponding document: **US4618380**

A process for fabricating an X-ray spectrometer having imaging and energy resolution of X-ray sources. The spectrometer has an array of adjoining rectangularly shaped detector cells formed in a silicon body. The walls of the cells are created by laser drilling holes completely through the silicon body and diffusing n+ phosphorous doping material therethrough. A thermally migrated aluminum electrode is formed centrally through each of the cells.

Claims of corresponding document: **US4618380**

We claim:

1. A process of fabricating a semiconductor array of detector cells comprising the steps of: drilling a plurality of openings in a rectangular configuration completely through a body of semiconductor material to form a grid of discrete openings defining walls of adjoining cells therethrough; diffusing a dopant material through said openings; and forming within every cell a metal central electrode from the top surface of said semiconductive body to the bottom surface.
2. The process of claim 1 wherein the step of drilling is by a laser.
3. The process of claim 2 wherein said metal to form the central electrode comprises a p-type conductivity metal, and said material diffused through said openings comprises an n@+ type conductivity dopant in a concentration greater than the dopant material of said semiconductive body.
4. The process of claim 3 wherein said p-type conductive metal comprises aluminum and said n@+ type

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 昭61-292969

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)12月23日

H 01 L 31/00
G 01 T 1/24A-6851-5F
8105-2G

審査請求 有 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 半導体輻射検出器セルアレイの製造方法

⑯ 特 願 昭61-41353

⑰ 出 願 昭61(1986)2月26日

優先権主張 ⑱ 1985年6月18日 ⑲ 米国(US) ⑳ 745977

㉑ 発 明 者 ジョージ エドワード アメリカ合衆国, 22091 バージニア, レストン, グレー
アルコーン ド バンク ウエイ 2363㉒ 発 明 者 アンドレ サムエル アメリカ合衆国, 20747 メリーランド, フォーリストビ
バージェス ル, ユリーカ ストリート 8404㉓ 出 願 人 ナショナル エアロノ アメリカ合衆国, 20546 ワシントン デーシー 番地な
ウテイクス アンド し, ナーサー ヘッドクォーターズ
スペース アドミニス
トレーション

㉔ 代 理 人 弁理士 草野 卓

明 細 書

1. 発明の名称

半導体輻射検出器セルアレイの製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) a) 隣接するセル間の壁を規定する四辺形の配
列を構成する格子に沿って間隔をおいて半導
体本体の厚み方向に貫通する複数の貫通孔を
形成する工程と、b) 前記貫通孔を通してドーパントを拡散する
工程と、c) 各前記セル内で前記半導体本体の対向する
一方の面から他方の面に達する金属の中心電
極を形成する工程、とを含む半導体輻射検出器セルアレイの製造方
法。(2) 前記貫通孔を形成する工程はレーザによつて
行う特許請求の範囲第1項記載の半導体輻射検
出器セルアレイの製造方法。(3) 前記中心電極を形成する金属はP型導電性の
金属であり、前記貫通孔を通して拡散させるドーパントは前記半導体本体のドーパント濃度よ
り大きな濃度のn⁺型導電性ドーパントである特
許請求の範囲第2項記載の半導体輻射検出器セ
ルアレイの製造方法。(4) 前記P型導電性の金属はアルミニウムを含み、
前記n⁺型導電性ドーパントは磷を含む特許請求
の範囲第3項記載の半導体輻射検出器セルアレ
イの製造方法。(5) 前記貫通孔を通してドーパントを拡散させる
工程は隣接する前記貫通孔からのドーパント拡
散領域が互に接触して前記セルの連続した壁を
形成するのに十分な時間行う特許請求の範囲第
3項記載の半導体輻射検出器セルアレイの製造
方法。(6) 前記半導体本体の貫通孔の対向する両面の開
口から拡散されたドーパントと金属オーミック
コンタクトを形成する工程を含む特許請求の範
囲第5項記載の半導体輻射検出器セルアレイの
製造方法。

(7) 前記中心電極を形成する工程は熱移動工程を

含む特許請求の範囲第6項記載の半導体輻射検出器セルアレイの製造方法。

- (8) 前記半導体本体の厚さは約50ミル(1.27ミリ)であり、前記中心電極の間隔は約2ミリであり、前記貫通孔の間隔は約51ミクロンである特許請求の範囲第1項記載の半導体輻射検出器セルアレイの製造方法。
- (9) 前記半導体本体を1000°Cに保つてその表面に水蒸気と酸素を通過させて両面に薄い酸化層を形成する工程を含む特許請求の範囲第1項記載の半導体輻射検出器セルアレイの製造方法。
- (10) 前記中心電極は前記壁からほぼ等しい位置に形成される特許請求の範囲第1項記載の半導体輻射検出器セルアレイの製造方法。

3. 発明の詳細な説明

「産業上の利用分野」

この発明は一般には電磁輻射検出器に関し、更に詳しくは固体X線スペクトロメータの製造方法に関する。

「従来技術」

ルギによるシリコン内での光電効果によりつくられた電子あるいは正孔として電荷キャリアを集収して像形成を行う。

このような検出器に意図した機能を実行することができるが、その製造と動作の点にいくつかの限界があることがわかっている。ピクセルを構成する格子の壁をできるだけ薄く、例えば2ミル(約51ミクロン)以下にしなければならない。このように薄い壁を従来の熱移動技術でシリコンウエハに作ることは非常に困難であり、また非常に長い熱移動時間を要する。更に熱移動により形成された壁はその垂直軸から不規則にずれる傾向がある。これはある形に熱移動させる困難さ、結晶欠陥、温度不均一、熱移動用炉中のウエハの位置等の多くの原因による。連続した線ではなく互に1ミル離れた点を熱移動させることによって必要な熱移動時間を減らそうとすると別の問題が生じた。熱移動された点間を接続するのにアルミニウムのような接触用金属を使用しなければならない。もしこの金属回路が壁境界の不規則な横方向

電磁輻射X線源の分析のための従来の装置は普通シリコン電荷結合素子(CCD)か又はリチウムドリフト検出器を使用している。これらはいずれも入力輻射の像形成可能性の点及びエネルギー解像度、特にエネルギーの高いX線源の検出能力の点で不充分であることが認識されている。

最近、1~30 keVの範囲のX線源に対し動作するようにされたX線検出器が開発され、これによればすぐれたエネルギー解像度とともに高い空間解像度を得ることが可能である。この検出器では米国特許第4472728号に示されているように、厚いシリコン本体中に熱移動(サーマルマイグレーション)によりアルミニウムのマトリックス、即ち格子を形成している。このアルミニウムのマトリックスは四辺形に配列されたX線検出セル、即ち画素(ピクセル)のセル壁を構成している。各セルの中心を通つてアルミ電極が同様に熱移動により形成され、そのアルミセル壁と中心アルミ電極にバイアス手段を接続してそのセル壁間の横方向の電荷キャリア欠乏をつくり、入射X線エネ

のずれにより壁境界と重なってしまうと、壁と基板の接合部はショートされ検出素子が動作不能となる。更に次の処理段階で4~6ミルの中心電極の位置合せをすることは比較的に容易であるが薄い壁の位置合せは非常に難しいことがわかっている。

この検出器を実際に使用すると漏れ電流が予想以上に大きい。これはP型のアルミ中心電極がn型のシリコン本体によつてP型アルミ壁から分離されているためpnp型トランジスタを形成し、電荷注入によりトランジスタ動作が起るためであると考えられる。

「発明が解決しようとする問題点」

この発明の目的は1~30 keVの範囲のX線源に対し動作するようにされた電磁輻射検出器アレイを製造する方法を提供することである。

この発明のもう一つの目的は半導体検出器アレイにおける拡散金属壁の形成と位置合せを正確に行うことができる方法を提供することである。

この発明の更に他の目的は比較的少ない工程

数ですみ簡単に実行し易い検出器の製造方法を提供することである。

「問題点を解決するための手段」

。前述の目的は厚い n 型半導体中に互に独立した検出器セル、即ちピクセルを隣接して形成したアレイを有する X 線検出器を作ることにより達成される。各セルを規定する壁は半導体ウエハに複数の穴をレーザによつて開け、そこから n^+ のドーパ物質を拡散させることにより隣接するセルを分離する共通壁として形成される。この製造工程は更に各セルの中心において P 型金属の熱移動によりウエハの対向面の間を延びる電極を形成する工程を含む。

「実施例」

第1図に示すように X 線検出器アレイは例えばシリコンウエハのような高抵抗率の半導体材料から作られた比較的厚い本体10に形成される。このウエハ10には多数キャリア濃度がほぼ $10^{14}/\text{cm}^3$ の n 型導電性を示すようにリンがわずかにドーパされている。このウエハ10の厚さは高エネルギー

X 線によつて確実に光電子が発生されるように入射 X 線の予測される侵入深さよりわずかに大となるよう選ばれている。特に照射面に入射する X 線の半導体材料への侵入深さは入射 X 線エネルギーの3乗に比例する。例えば $1 \sim 30 \text{ keV}$ の範囲内の X 線に対してウエハ10の厚さは50ミル(約 1.27 mm) 程度のオーダーにする必要がある。ウエハ10の温度をほぼ 1000°C に保つてその表面に水蒸気と酸素を流すことにより、例えば約 2000 \AA と比較的薄い SiO_2 の層12, 14をウエハ10の上下両面に形成する。

シリコンウエハ10はそれぞれが検出器セルである四角形の格子状の、即ちマトリックス配列されたピクセル16に構成され、それによつて X 線像に対する空間的及びエネルギーの分解能を得ている。第1図では9つのセルが示されている。格子はウエハ10上面から下面までこれらに直角に延びる垂直金属壁18と20により構成されている。各ピクセル16はその水平方向断面が四辺形で、互に同じ形をしているのが好ましい。

第2a乃至第2d図に壁18, 20を形成するいくつかの工程を順次示す。壁18, 20を形成すべき領域を規定するホトレジストマスク22を第2a図に示すようにウエハ10の上側 SiO_2 層12の上に形成する。次に第2b図に示すようにウエハ10を弗酸緩衝エッチング液に浸けて SiO_2 層の露出している領域を除去する。レーザ光により第2c図に示すようにウエハ10の露出領域にウエハ面に直角に円い貫通孔23を開ける。貫通孔23の直径はほぼ1ミル(約 $25.4 \text{ m}\mu$) であり、2ミルの間隔をおいてとびとびに形成される。このような貫通孔23を格子に沿つて多数形成し、ウエハ10の水平断面に四辺形の配列を形成する。次にこのウエハ10を 1100°C の炉に入れる。 POCl_3 の拡散ドーパント源の恒温液槽中に窒素と酸素の混合キャリアガスを吹き込んで、それによつて得られた拡散用の磷原子を含むキャリアガスを前記炉の中に導入する。 n^+ 型磷原子の濃度がほぼ $10^{17}/\text{cm}^3$ の磷のガスドーパントは貫通孔23を通つてシリコンウエハ10中に拡散する。ウエ

ハ10は n^+ 型ドーパントである磷原子が貫通孔23の軸から1ミルの距離を拡散するのに十分な時間だけ炉の中に置かれる。これによつて第2d図に示すように隣接する2つの貫通孔23の内壁からのドーパント原子の拡散領域は互に接触する。このようにして濃度勾配拡散の技術を使つてシリコンウエハ中に n^+ 原子の連続した壁が形成される。次に好ましくはアルミニウムのような金属の帯(ストリップ)24をウエハ上面の露出した壁領域の上に蒸着して磷拡散領域と接触接続し第1図に示すような構造を得る。同様にレーザで開けられた貫通孔のウエハ底面14側の開孔上にもアルミニウムストリップを蒸着し、磷拡散領域との接触接続を行う。

各ピクセル16の中央にはウエハ10の一方の面から他方の面まで厚さ方向に延びる拡散金属電極28が設けられている。この中心電極28はアルミニウムのような金属の濃度勾配による拡散によつて形成することができる。この工程を第3図を参照して説明する。第3a図に示すように電

極28が形成されるべき領域を残して SiO_2 層12の上にホトレジストマスク29を形成する。ウェハ10を弗酸中に浸けて SiO_2 の露出した領域を第3b図に示すように除去する。次に第3c図に示すように熱クロム酸中でホトレジストを除去して水洗いする。例えばアルミニウムのようなP型金属の薄膜30を第3d図に示すようにウェハ10の上面に形成する。次に第3e図に示すように電極28を形成する領域以外のアルミニウム薄膜30の領域を露出させてホトレジストマスク32を形成する。露出されたアルミニウム薄膜30を第3f図に示すように磷酸でエッチングし、次に第3g図に示すようにホトレジストを熱クロム酸で除去しウェハ10を水洗いする。このウェハ10を1150°C程度の炉で加熱するが、ウェハの下面(底面)側を炉の室内温度に保持するとともに上面側はそれよりわずかに低い例えば1100°C程度に保つことによつてウェハの厚み方向に温度勾配を形成する。加熱されたウェハ10の温度の低い方の面(上面)の SiO_2 が除去された領域に

20の間にバイアス電位を与えると空乏層(ドナ及びアクセプタを中和するだけの充分な自由正孔又は電子密度が無い領域)が各ピクセル16の中心電極28から壁18, 20までウェハの全厚みに渡つて横方向に生じる。これによりウェハ10に入射するウェハの厚さより短い侵入深さのX線、即ち30 keVまでのX線が確実にウェハ材料と光電子相互作用を行うことができる。ピクセル内のどこでこの相互作用が起つても、生じた電子は中心電極28に引き寄せられるので、その結果入射X線の検出規準となる。各ピクセルの中心電極を別個のCCD素子に接続し、そのCCD素子によつて各ピクセルを順次読出し、検出器アレイ上の照射像を見ているような観察物の像を合成するようにすることもできる。

「発明の効果」

上述した方法による検出器アレイの製造は高精度を実現するのが容易である。レーザ穿孔によりセル壁の配列を容易に実現でき、又セル壁の垂直軸からのずれも非常に少ないものとなる。更に

形成されたアルミニウム薄膜30はこの温度勾配によつて反対側面(下面)まで垂直に急速に拡散される。この金属の温度勾配によるウェハ10に対する厚み方向の拡散は非常に速いのでその間の横方向の拡散はごくわずかである。従つて電極28はウェハ10の面に対しほぼ直角である。各電極28の断面寸法をピクセル16の断面と比較して小さくすることによつてX線が中心電極28に直接入射する確率を小さくすることができる。X線像の空間分解能(解像力)を高めるには隣接ピクセル16の中心電極28間隔が2μ程度となるように各ピクセルの横断面を小さくすればよい。この場合のX線検出ピクセル16は第1図に示すような四辺形格子配列となる。

壁領域18, 20及び中心電極28を形成するために拡散された金属が完全に半導体材料のウェハ10を横切つて延び両対向面まで達しているので検出器セルのアレイは深いダイオードアレイを有することになる。米国特許第4472728号に記載されているように中心電極28と格子壁18,

Pnn^+ 構造にはトランジスタ作用がないので面倒な漏れ電流も生じない。セルの壁を形成するための他のドーパント材料としてはヒ素あるいはビスマスを使うことができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明によつて作られたX線検出器アレイの部分断面斜視図、第2a乃至第2d図はX線検出器アレイの壁部のいくつかの製造工程における断面図、第3a乃至第3g図はX線検出器アレイの中心電極のいくつかの製造工程における断面図である。

10:シリコンウェハ、12, 14: SiO_2 、16:ピクセル(検出器セル)、18, 20:壁、22:ホトレジストマスク、23:貫通孔、24:アルミ電極、28:中心電極、29, 32:ホトレジストマスク、30:アルミニウム薄膜。

特許出願人、人ナショナル・エアロウテイクス アンド
スペース アドミニストレーション

代理人 草 野 卓

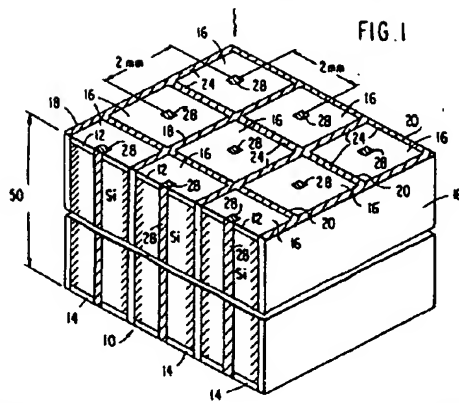


FIG. 2a

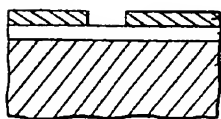


FIG. 2c

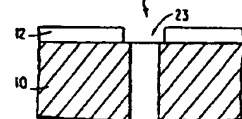


FIG. 2b

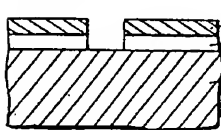


FIG. 2d

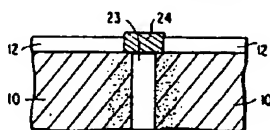


FIG. 3a

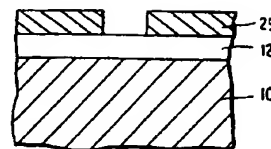


FIG. 3b

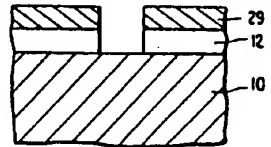


FIG. 3c

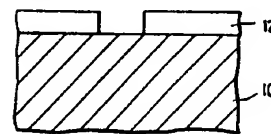


FIG. 3d

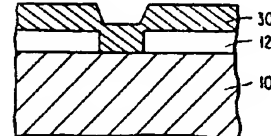


FIG. 3e

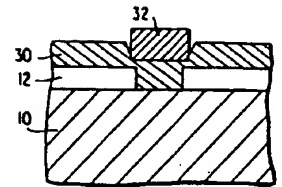


FIG. 3f

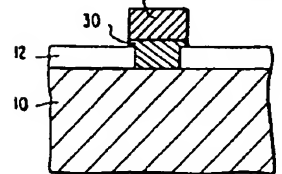
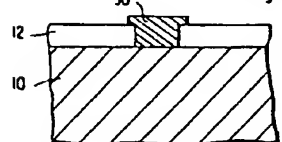


FIG. 3g



手続補正書(自発)

昭和61年5月19日

特許庁長官 殿

1. 事件の表示 特願昭61-041353

2. 発明の名称 半導体輻射検出器セルアレイの製造方法

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

ナショナル エアロウテイクス アンド
スペース アドミニストレーション

方式
審査

4. 代理人 東京都新宿区新宿4-2-21 相模ビル
6615 井理士 草野

5. 補正の対象 明細書中発明の名称、特許請求の範囲の欄および発明の詳細な説明の欄

6. 補正の内容

(1) 発明の名称「半導体輻射検出器セルアレイの

製造方法」を「半導体輻射検出器セルアレイとその製造方法」と訂正する。

(2) 特許請求の範囲を別紙のとおり訂正する。

(3) 明細書6頁18行「拡散金属」を削除する。

(4) 同書8頁18行「垂直金属壁」を「垂直な壁」と訂正する。

(5) 同書12頁15～16行「壁領域18、20及び中心電極28を形成するために拡散された金属が」を「壁領域18、20を形成する拡散n+型ドーパント及び中心電極28が」と訂正する。

以上

特許請求の範囲

- (1) 複数の検出器セルを規定する格子に沿って飛々に開孔が形成された半導体ウェハと、各前記開孔の周囲において前記ウェハに拡散して前記格子に沿って連続したセル壁を形成している拡散ドーパント領域と、及び各前記セルを規定する前記セル壁の内側において前記ウェハの一方の面から他方の面まで厚み方向に延びる金属の中心電極とを含む半導体輻射検出器セルアレイ。
- (2) a) 隣接するセル間の壁を規定する四辺形の配列を構成する格子に沿って間隔をおいて半導体本体の厚み方向に貫通する複数の貫通孔を形成する工程と、
b) 前記貫通孔を通してドーパントを拡散する工程と、
c) 各前記セル内で前記半導体本体の対向する一方の面から他方の面に達する金属の中心電極を形成する工程、
とを含む半導体輻射検出器セルアレイの製造方法。
- (7) 前記半導体本体の貫通孔の対向する両面の開口から拡散されたドーパントと金属オーミックコンタクトを形成する工程を含む特許請求の範囲第6項記載の半導体輻射検出器セルアレイの製造方法。
- (8) 前記中心電極を形成する工程は熱移動工程を含む特許請求の範囲第7項記載の半導体輻射検出器セルアレイの製造方法。
- (9) 前記半導体本体の厚さは約50ミル(1.27ミリ)であり、前記中心電極の間隔は約2ミリであり、前記貫通孔の間隔は約51ミクロンである特許請求の範囲第2項記載の半導体輻射検出器セルアレイの製造方法。
- (10) 前記半導体本体を1000°Cに保つてその表面に水蒸気と酸素を通過させて両面に薄い酸化層を形成する工程を含む特許請求の範囲第2項記載の半導体輻射検出器セルアレイの製造方法。
- (11) 前記中心電極は前記壁からほぼ等しい位置に形成される特許請求の範囲第2項記載の半導体輻射検出器セルアレイの製造方法。
- (3) 前記貫通孔を形成する工程はレーザによつて行う特許請求の範囲第2項記載の半導体輻射検出器セルアレイの製造方法。
- (4) 前記中心電極を形成する金属はP型導電性の金属であり、前記貫通孔を通して拡散させるドーパントは前記半導体本体のドーパント濃度より大きな濃度のn⁺型導電性ドーパントである特許請求の範囲第3項記載の半導体輻射検出器セルアレイの製造方法。
- (5) 前記P型導電性の金属はアルミニウムを含み、前記n⁺型導電性ドーパントは磷を含む特許請求の範囲第4項記載の半導体輻射検出器セルアレイの製造方法。
- (6) 前記貫通孔を通してドーパントを拡散させる工程は隣接する前記貫通孔からのドーパント拡散領域が互に接触して前記セルの連続した壁を形成するのに十分な時間行う特許請求の範囲第4項記載の半導体輻射検出器セルアレイの製造方法。